



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 01 453 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 60 T 13/68

②① Aktenzeichen: 102 01 453.1
②② Anmeldetag: 17. 1. 2002
④③ Offenlegungstag: 28. 5. 2003

DE 102 01 453 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
101 44 297. 1 10. 09. 2001

⑦① Anmelder:
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,
80809 München, DE

⑦② Erfinder:
Gscheidle, Wolfgang, 71720 Oberstenfeld, DE;
Biedermann, Klaus, 71638 Ludwigsburg, DE;
Wickeren, Thomas van, 71665 Vaihingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Steuersystem zum Betreiben eines Magnetventils für pneumatische Bremszylinder

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Magnetventils für pneumatische Bremszylinder, wobei das Magnetventil mittels eines Anzugsstromes aktiviert und mittels eines getakteten Dauerstromes betrieben wird, umfassend folgende Schritte:

- Zum Einschalten des Ventils wird dieses mit einem Anzugsstrom für eine Zeitdauer T_1 beaufschlagt und die Freilaufdiode über Schalter zugeschaltet, nach Erreichen des Anzugsstromes wird auf einen pulsweitenmodulierten, getakteten Haltestrom umgeschaltet, ergebend ein getaktetes Dauerstromsignal, wobei

- das getaktete Dauerstromsignal mittels Diode langsam gelöscht wird, so sich ein Spulengleichstrom mit überlagertem geringem Wechselstrom einstellt

- zum Abschalten des Magnetventils wird der Schalter geöffnet, so eine schnelle Lösung erfolgt.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Strom am Magnetventil durch eine Überwachungseinrichtung überwacht wird und sämtliche Schaltelemente (Dioden, Transistoren) und die Ventilsolenoiden permanent sowohl während des Betriebes als auch im ausgeschalteten Zustand überwacht werden.

DE 102 01 453 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Magnetventiles zur Drucksteuerung von pneumatischen Bremszylindern in elektronisch-pneumatischen Bremssystemen (EBS), wobei das Magnetventil mittels eines Anzugsstromes aktiviert und mittels eines abhängig von der Versorgungsspannung getakteten Dauerstromes betrieben wird sowie ein Steuersystem zum Betreiben eines derartigen Magnetventiles.

[0002] Bei einem elektronisch-pneumatischen Bremssystem ist jedem Bremszylinder wenigstens ein Magnetventil zugeordnet, das den Bremszylinderdruck in Abhängigkeit von dem durch das Ventil fließenden Strom steuert oder regelt.

[0003] Elektronische Bremssysteme der obengenannten Art haben den Vorteil, daß der Druck im Bremszylinder bei einer Bremsung wesentlich schneller als mit herkömmlichen Systemen aufgebaut werden kann. Hieraus resultiert der Vorteil, daß bei elektronisch-pneumatischen Bremssystemen ein wesentlich schnellerer Druckauf- und -abbau erzielt werden kann.

[0004] Herkömmliche Bauteile, wie beispielsweise Magnetventile, können derzeit nur begrenzt in derartigen elektropneumatischen Bremssystemen eingesetzt werden, da ein Ausfall derartiger Komponenten in dem sicherheitsrelevanten Bremssystem nicht immer zuverlässig und zeitnah detektiert werden konnte.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und ein Verfahren bzw. ein Steuersystem für Magnetventile in einem elektropneumatischen Bremssystem anzugeben, das sich durch schnelles Ansprechen/Abfallen der Ventile, eine geringe Verlustleistung in der Spule im Betrieb und damit minimaler Eigen Erwärmung sowie die erforderliche hohe Sicherheit bei Ausfall auszeichnet.

[0006] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß beim Einschalten des Magnetventils für eine Zeitdauer t_1 ein Anzugsstrom I_A durch die Spule fließt, beim Umschalten von Anzugsstrom auf Haltestrom I_H für die Zeit t_2 bis t_3 das Ventil mit einem getakteten Dauerstromsignal betrieben wird, wobei das getaktete Dauerstromsignal mittels einer zweiten schaltbaren Diode langsam gelöscht wird und der Strom am Magnetventil über eine Rückmeldeeinrichtung überwacht wird.

[0007] Um ein Magnetventil möglichst schnell aktivieren und den Bremszylinderdruck möglichst schnell aufbauen zu können ist es erforderlich, beim Einschalten einen möglichst hohen Anzugsstrom durch die Magnetventilspule fließen zu lassen. Der hohe Einschaltstrom bewirkt in der Spule eine zum Strom proportionale Magnetkraft, die das Ventil mechanisch betätigen kann.

[0008] Der hohe Anzugsstrom erzeugt im ohmschen Widerstand der Magnetventilspule eine entsprechende Verlustleistung, die das Magnetventil bei längerer Ansteuerung stark und unzulässig erwärmen kann. Um diese Verluste zu minimieren, wird bei längerer Ansteuerung des Ventiles der Spulenstrom durch versorgungsspannungsabhängige Taktung der Spulenspannung auf den minimal zulässigen Haltestrom reduziert. Dies geschieht durch PWM-(Pulsweitenmodulation)Ansteuerung der Spulenspannung, die einen arithmetischen Gleichstrom I_D (= Haltestrom) durch die Spule erzeugt, dem ein Wechselstromanteil I_{AC} überlagert ist.

[0009] Um den Wechselstromanteil I_{AC} durch die Spule und Mikrobewegungen im Ventil möglichst gering zu halten, kann bevorzugt parallel zur Magnetventilspule eine Freilaufdiode geschaltet werden, die den Strom in der Spule

bei abgeschalteter Spulenspannung abhängig von den Spulen- und Ansteuerdaten weiterfließen läßt und somit die Magnetkraft in der Spule für eine bestimmte Zeit weiter aufrecht erhalten kann bzw. einen verzögerten Kraftabbau im Ventil zur Folge hat.

[0010] Durch diese Freilaufdiode erfolgt das gewollte Abschalten des Magnetventils verzögert, was sich beim Schalten von Magnetventilen in einem elektronisch-pneumatischen Bremssystem z. B. bei ABS- oder ESP-Regelungen negativ auswirken kann. Die nachteilige Folge hiervon kann z. B. eine Verschlechterung der dynamischen Regeleigenschaften des Bremsdruckregelkreises sein.

[0011] Um diesen Nachteil zu umgehen, kann die Freilaufdiode bevorzugt durch ein in Reihe mit der Diode geschaltetes Schaltelement (z. B. Transistor) versehen werden. Wird dieses Schaltelement geschlossen, so befindet sich das Ventil wie oben beschrieben im langsamen Freilauf. Bei geöffnetem Schaltelement ist der langsame Freilaufkreis unterbrochen, die beim Abschalten der Magnetventilspule gespeicherte magnetische Energie führt zu einer hohen Induktionsspannungsspitze an einem Masseschalter und wird lediglich durch eine parallel zum Masseschalter geschaltete Zenerdiode in der Amplitude begrenzt. Durch die hohe Rückschlagspannung über der Z-Diode wird die bei der Abschaltung der Magnetventilspule gespeicherte magnetische Energie schnell abgebaut, das Ventil bewegt sich damit entsprechend schnell in seine Ruheposition zurück.

[0012] Durch das erfindungsgemäße Verfahren, das von einer langsamen auf eine schnelle Löschung beim Abschalten des durch das Magnetventil fließenden Stromes umschaltet, erreicht man gegenüber den Magnetventilen im Stand der Technik sehr reaktionsschnelle Ventile, die sich durch schnelle Schaltzeiten und geringe Verlustleistung auszeichnet und bei dem im Wesentlichen durch das Ventil im Dauerbetriebszustand ein getakteter Gleichstrom fließt. Des weiteren können Störungen des Magnetventils durch die Rückmeldeeinrichtung sehr schnell detektiert werden. Es ist dann ein sehr schnelles Eingreifen, beispielsweise der ABS-Steuerung, möglich.

[0013] Besonders bevorzugt ist es, wenn man die Zeitdauer t_1 , bei der der Anzugsstrom durch das Magnetventil abgeschaltet wird, mittels einer Stromerkennung ermittelt. Die Abschaltung erfolgt beispielsweise nach Erreichen eines Stromes > 3 A. Ebenso ist eine reine zeitgesteuerte Abschaltung in Abhängigkeit verschiedener Parameter (Versorgungsspannung, Temperatur, Spulen-/Ventilparameter, usw.) durch eine Steuereinrichtung möglich.

[0014] Neben dem Verfahren stellt die Erfindung auch ein Steuersystem zum Betreiben eines Magnetventiles für pneumatische Bremszylinder zur Verfügung. Das Steuersystem zeichnet sich durch eine Steuereinrichtung aus sowie eine Schaltung zur umschaltbaren Löschung des Ventilstromes durch das dieser Schaltung zugeordnete Magnetventil sowie eine Überwachungseinrichtung aus.

[0015] Die Steuereinrichtung wertet das von der Überwachungseinrichtung (26) für die schnelle/langsame Löschung abgegebene Signal aus und steuert das Magnetventil entsprechend an.

[0016] Die Erfindung soll nachfolgend anhand der Figuren beispielhaft beschrieben werden.

[0017] Es zeigen:

[0018] Fig. 1 den Stromverlauf am Magnetventil in Abhängigkeit von der Zeit bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Steuersystems;

[0019] Fig. 2 den Unterschied im Stromverlauf zwischen langsamer Löschung und schneller Löschung.

[0020] Fig. 3 eine mögliche Schaltungsanordnung mit der ein Umschalten zwischen langsamer und schneller Lö-

schung erfolgt:

[0021] Fig. 4 eine mögliche Schaltungsanordnung mit einem invers betriebenen MOSFET-Transistor als Umschalter zwischen langsamer und schneller Löschung;

[0022] Fig. 5 ein Gesamtsystem mit Überwachungseinrichtung.

[0023] In Fig. 1 ist der Stromverlauf am Magnetventil beim Einsatz eines erfindungsgemäßen Systems gezeigt.

[0024] Um das zu schaltende Magnetventil schnell aktivieren zu können, wird in einem Zeitabschnitt von t_0 bis t_1 das Magnetventil mit einem hohen Anzugsstrom beaufschlagt. Der Anzugsstrom I_A wird z. B. durch Daueransteuerung des Schalters 14 erzielt und bei t_1 reduziert auf einen getakteten Haltestrom I_D durch ein z. B. pulsbreitenmoduliertes (PWM-) Ansteuersignal des Ventils. Vorliegend ist der Anzugsstrom auf z. B. 3 A begrenzt. Aufgrund der vom Einschaltzeitpunkt t_0 an aktivierten langsamen Löschung sowie des gepulsten Spannungssignales stellt sich ein Spulengleichstrom I_D mit einem überlagerten geringen Wechselstrom (Ripplestrom) I_{Ripple} ein. Der Strom ist abhängig von der angesteuerten Taktfrequenz und Pulsbreite des PWM-Signales und der Magnetspulendaten.

[0025] Die Zeit zwischen t_0 und t_3 ist die gesamte Ventilsteuerzeit t_{on} und damit von dem in den Bremszylinder einzusteuern den Bremsdruck p_{so} . Zum Zeitpunkt t_3 wird das Magnetventil abgeschaltet, wozu gleichzeitig von langsamer auf schnelle Löschung umgeschaltet wird (Schalter 14 geöffnet). Die magnetische Energie in der Spule wird dadurch schnellstmöglich abgebaut, über die max. zulässige Abschaltamplitude (z. B. durch Z-Diode 16 aus Fig. 3) kann diese Freilaufzeit beeinflusst werden.

[0026] In Fig. 2 ist nochmals der Unterschied im Zeitverhalten zwischen schneller Löschung und langsamer Löschung dargestellt.

[0027] In Kurve 1 ist der Stromverlauf abgebildet, der sich am Magnetventil ergibt, wenn lediglich die langsame Löschung eingesetzt wird, d. h. nicht das erfindungsgemäße Umschalten zwischen schneller und langsamer Löschung vorgenommen wird. Durch die permanent eingeschaltete langsame Löschung auch beim Abschalten der Spule wird das Ventil ein träges Zeitverhalten haben. Die Verlustleistung in der Spule wird minimiert, da das Ventil mit dem minimal zulässigen Haltestrom betrieben werden kann.

[0028] Kurve 2 gibt den Stromverlauf bei schneller Löschung wieder. Wird zum endgültigen Abschaltzeitpunkt des Ventiles von langsamer auf schnelle Löschung umgeschaltet, so wird die Spule schnellstmöglich entmagnetisiert, das Ventil und damit der Abbau des Bremsdruckes im Bremszylinder erfolgen dadurch ebenfalls schnellstmöglich.

[0029] In Fig. 3 ist eine mögliche Schaltung, die ein Umschalten von schneller auf langsame Löschung ermöglicht, dargestellt. Das Magnetventil ist mit der Bezugsziffer 10 bezeichnet. Am Magnetventil liegt die Bordspannung von z. B. 24 V gegenüber Masse 12 an. Der Spulenstrom durch das Magnetventil 10 ist mit IM bezeichnet. Wird der Schalter 14 geschlossen oder PWMgetaktet, wird die Ventilspule bestromt. Die schnelle Löschung des Anzugsstroms erfolgt über die Diode 16. Die Diode ist bevorzugt als Zenerdiode ausgebildet oder z. B. direkt im Schalter 14 integriert (z. B. FET mit integrierter Avalanche-Diode) oder durch geeignete andere Maßnahmen ausführbar.

[0030] Zum Betrieb des Magnetventils bleibt Schalter 14 geschlossen bzw. wird über ein PWM-Signal von der Steuereinheit getaktet angesteuert. Die langsame Löschung wird aktiviert, in dem der zweite Schalter 18 geschlossen und damit die Freilaufdiode 22 parallel zu Magnetspule geschaltet wird. Das getaktete Spannungssignal am Schalter 14 ist mit Bezugsziffer 20 bezeichnet. Bevorzugt kann Schalter 18

z. B. als P-Kanal-MOSFET mit integrierter Freilaufdiode im Inversbetrieb ausgeführt werden (siehe Fig. 4). Diesbezüglich wird auf Fig. 4 verwiesen. Die in Fig. 4 gezeigte Schaltung kann bevorzugt eingesetzt werden, um die Verluste im Schalter 18 bei langsamer Löschung zu minimieren.

[0031] Fig. 3 ist lediglich ein Ausführungsbeispiel für eine Ausführungsform einer Schaltung zur schnellen und langsamen Löschung. Die Erfindung soll keineswegs auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt sein, sondern vielmehr sämtliche mögliche Schaltungen umfassen, die den prinzipiellen Gedanken der Umschaltung einer schnellen auf eine langsame Löschung ermöglichen, nachdem das Magnetventil aktiviert wurde.

[0032] Fig. 5 zeigt die Gesamtanordnung eines Steuersystems zur Ansteuerung eines Magnetventiles 10 gemäß der Erfindung. Die Ansteuerung des Magnetventiles 10 geschieht über die Endstufe 20, die den Schalter 14 umfaßt, über Leitung 24. Erfindungsgemäß wird der Strom am Magnetventil über eine Rückmeldeeinrichtung 26 und Leitung 28 überwacht. Der Mikrocontroller (μC) 23 wertet die Rückmeldesignale von Leitung 28 aus und bestimmt die zur Umschaltung zwischen langsamer und schneller Löschung notwendigen Parameter und die z. B. versorgungsspannungsabhängige Taktfrequenz des PWM-Signales und paßt die Ansteuerung der Endstufen 14 und 20 über die Steuerleitungen 24 und 30 an. Die Umschaltung der Löschung geschieht durch Schließen des zweiten Schalters 14, der den Schalter 18 aus Fig. 3 beinhaltet, und wird vom Mikrocontroller 22 über die Leitung 30 angesteuert.

[0033] Die Ansteuerung des Magnetventils 10 geschieht mit Hilfe eines getakteten Spannungssignals, das in der Ventilschleife einen getakteten Gleichstrom fließen läßt.

[0034] Durch die Erfindung wird erstmals ein Steuerverfahren bzw. ein Steuersystem angegeben, mit dem ein sehr schnelles Magnetventil realisiert werden kann, bei dem die Verlustleistungen im Magnetventil gegenüber Magnetventilen des Standes der Technik deutlich reduziert werden. Mit der Erfindung ist es möglich, Magnetventile genau auf einen speziellen dynamischen Anwendungsfall auszuwählen und dort optimal zu betreiben. Des weiteren wird durch eine Überwachungseinrichtung ein sicherer Betrieb in einem elektropneumatischen Bremssystem ermöglicht.

Bezugszeichenliste

- 1 Stromkurve am Magnetventil bei langsamer Löschung
- 3 Stromkurve am Magnetventil bei schneller Löschung
- 10 Magnetventil
- 12 Masse
- 14 Erster Schalter zur Umschaltung des Spulenfreilaufes
- 16 Zener-Diode
- 18 Zweiter Schalter zur Ansteuerung des Magnetventiles
- 20 getaktetes Spannungssignal am Magnetventil Freilaufdiode
- 23 Mikrocontroller
- 24 Leitung vom Mikrocontroller zur Endstufe
- 26 Überwachungseinrichtung
- 28 Leitung von der Ventilschleife zur Überwachungseinrichtung
- 29 Leitung vom Mikrocontroller zur Überwachungseinrichtung
- 30 Leitung vom Mikrocontroller zu Schalter 14

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Magnetventiles (10) für pneumatische Bremszylinder, wobei das Magnetventil (10) mittels eines Anzugsstromes aktiviert und

mittels eines getakteten Dauerstromes betrieben wird, umfassend folgende Schritte:

- 1.1 zum Einschalten des Ventils (10) wird dieses mit einem Anzugsstrom für eine Zeitdauer t_1 beaufschlagt und die Freilaufdiode (22) über Schalter (18) zugeschaltet. 5
- 1.2 nach Erreichen des Anzugsstromes wird auf einen pulsweitenmodulierten, getakteten Haltestrom umgeschaltet, ergebend ein getaktetes Dauerstromsignal wobei 10
- 1.3 das getaktete Dauerstromsignal mittels Diode (22) langsam gelöscht wird, so daß sich ein Spulengleichstrom mit überlagertem geringem Wechselstrom einstellt
- 1.4 zum Abschalten des Magnetventils wird der Schalter (18) geöffnet, so daß eine schnelle Löschung erfolgt, **gekennzeichnet durch** folgendes Merkmal: 15
- 1.5 der Strom am Magnetventil wird durch eine Überwachungseinrichtung (26) überwacht. 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die schnelle Löschung über eine oder (16) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeit T_1 durch den Anzugsstrom durch das Magnetventil (10) bestimmt wird und die Abschaltung nach Erreichen eines vorgegebenen Grenzwertes erfolgt. 25
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Diode (16) ein Spannungsbegrenzungselement ist. 30
5. Steuersystem zum Betreiben eines Magnetventiles (10) für pneumatische Bremszylinder umfassend
 - 5.1 eine Steuereinrichtung (23) 35
 - 5.2 ein Magnetventil (10) 40
 - 5.3 eine Schaltung zur schnellen sowie zur langsamen Löschung des Stromes durch ein Magnetventil
 - 5.4 eine Überwachungseinrichtung (26) für den Strom am Magnetventil, 45
 - 5.5 in Abhängigkeit vom Strom durch das Magnetventil (10) die Schaltung von schneller auf langsame Löschung und umgekehrt umgeschaltet wird. 50
6. Steuersystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung ein Mikrocomputer (23) ist. 55
7. Steuersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltung zur schnellen/langsamen Löschung eine erste (16) und eine zweite Löschdiode (22) umfaßt.
8. Steuersystem nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Löschdiode (16) zur schnellen Löschung eine Z-Diode ist. 60

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

Fig.1

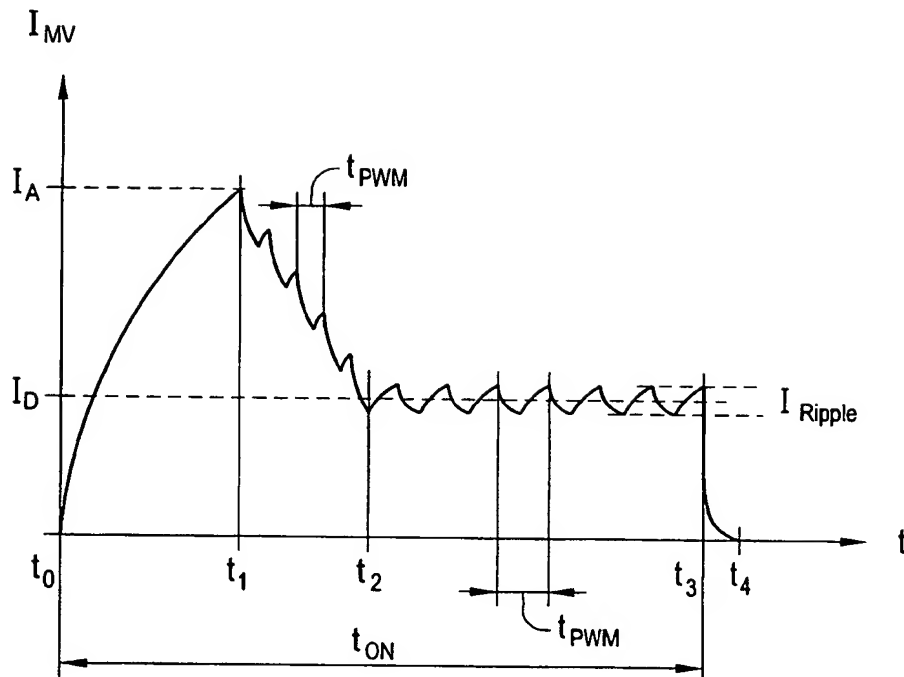


Fig.2

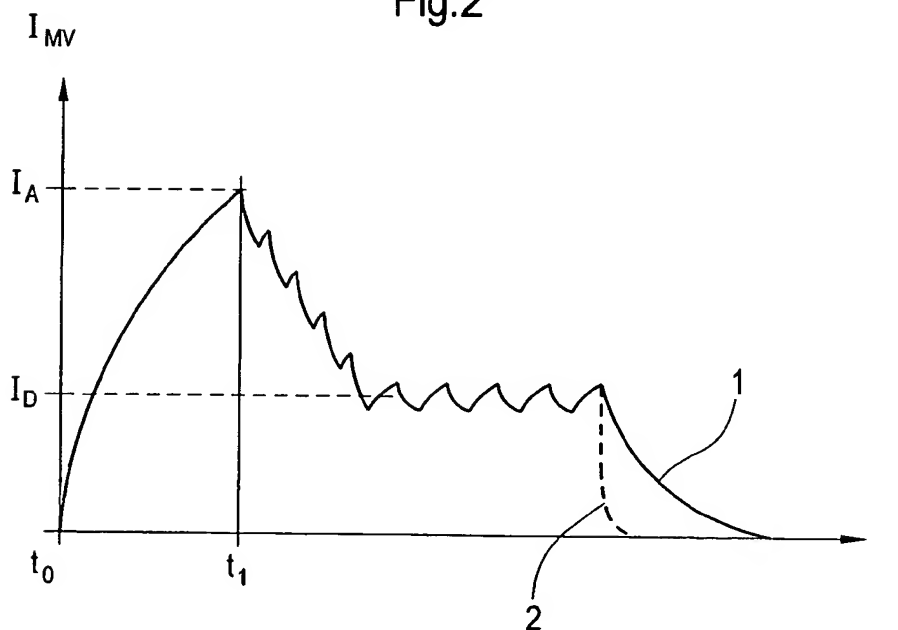


Fig.3

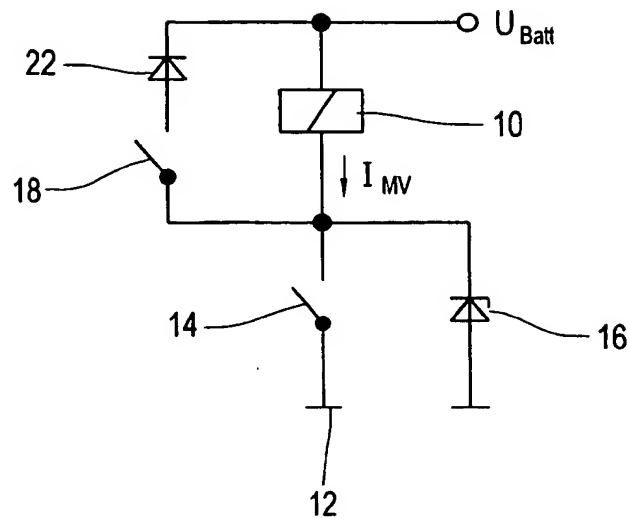


Fig.4

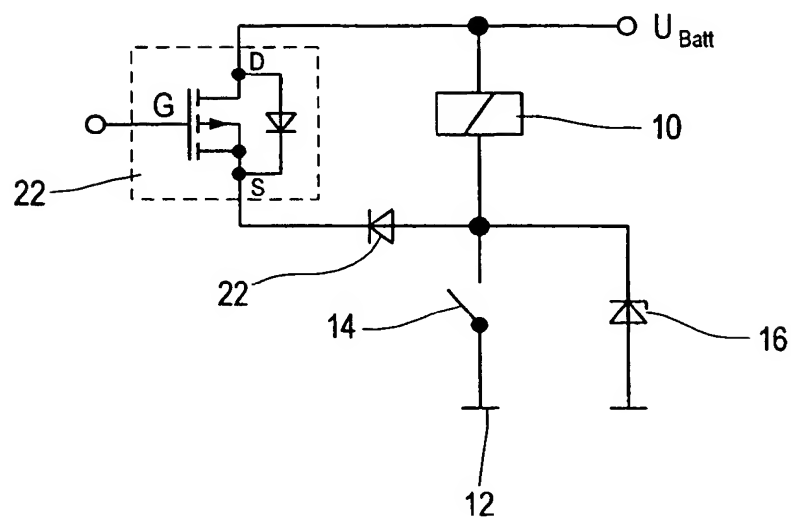


Fig.5

